

Fernanda Scheuer

**EFEITO DA DUREZA DA ÁGUA EM JUVENIS DE TAINHA
(*Mugil liza*) CRIADOS EM ÁGUA DOCE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Orientador: Vinícius Ronzani Cerqueira

Florianópolis, 2017.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Scheuer, Fernanda

EFEITO DA DUREZA DA ÁGUA EM JUVENIS DE TAINHA (Mugil liza) CRIADOS EM ÁGUA DOCE / Fernanda Scheuer ; orientador, Vinicius Ronzani Cerqueira - Florianópolis, SC, 2017.

49 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Tainha. 3. Espécie eurialina. 4. Fisiologia. 5. Qualidade da água. I. Cerqueira, Vinicius Ronzani. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Efeito da dureza da água em juvenis de tainha (*Mugil liza*) criados em água doce

Por

FERNANDA SCHEUER

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de


MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.



Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:



Dr. Vinicius Ronzani Cerqueira – Orientador



Dra. Carolina Arruda de Oliveira Freire - UFPR



Dr. Felipe do Nascimento Vieira - UFSC



Dr. Mauricio Laterça Martins - UFSC

“A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca.” – Paulo Freire

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

A minha família, meus pais Junior e Eliana e meu irmão Gabriel por estarem sempre presentes apoiando todos os meus projetos. Vocês foram essenciais para o êxito desta etapa da minha vida.

Ao meu namorado Rafael por todo apoio e paciência principalmente nos momentos mais difíceis.

A todos meus amigos que mesmo distantes sempre se faziam lembrar.

Ao meu orientador Vinicius Ronzani Cerqueira, pelo apoio, orientação e oportunidade na realização de mais este projeto.

Aos meus amigos do LapMar que fizeram desta jornada mais fácil e leve, sem o apoio de vocês nada disso seria possível. Cristina, Gabriel, Brunno, Fábio, Manecas, Caio, Fabíola, Virginia, Patrícia, Larissa, Salete, Murilo, muito obrigada!

Um agradecimento especial à minha amiga Cristina Carvalho, quem me ensinou a dar os primeiros passos na Aquicultura com todo carinho e paciência, muito obrigada pela sua amizade, por toda a sua consideração.

À Universidade Federal de Santa Catarina e todos os professores que não mediram esforços para transmitir conhecimento.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento da bolsa de estudo.

Ao laboratório AQUOS da Universidade Federal de Santa Catarina e ao professor Maurício Laterça e ao Lucas pelo suporte nas análises realizadas.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, o meu MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A adaptação da tainha (*Mugil liza* Valenciennes, 1836) à água doce é uma alternativa para aumentar seu uso na piscicultura continental. Entretanto, ainda não estão estabelecidos os parâmetros de água doce em que a espécie se mantém em conforto fisiológico. O cálcio é de fundamental importância nos processos metabólicos e de osmorregulação. Nesse contexto, a definição de um valor ótimo de dureza, baseada no nível de cálcio na água, facilitará os processos fisiológicos para a adaptação de juvenis desta espécie em água doce. Este estudo teve como objetivo, avaliar o efeito de três diferentes durezas de água doce (25, 250 e 750 mg.L⁻¹ CaCO₃) e um controle (salinidade 15 e dureza 2500 ± 130,9 mg.L⁻¹ CaCO₃), em juvenis de tainha, através de um teste de longo prazo (50 dias), avaliando o desempenho zootécnico (ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e sobrevivência), parâmetros fisiológicos (glicose) e histológicos (alterações de brânquias) a fim de determinar a faixa de dureza em água doce mais adequada para a espécie. Os peixes com peso médio inicial de 22,0 ± 2,84 g foram mantidos em condições constantes de temperatura, pH, alcalinidade e amônia, e alimentados quatro vezes ao dia com dieta comercial. Não houve mortalidade em nenhum tratamento, mas considerando o parâmetro peso, o tratamento 250 mg.L⁻¹ CaCO₃ teve valor significativamente superior aos demais tratamentos em água doce, porém, no controle o peso teve o valor mais elevado de todos. A glicose no sangue dos animais mantidos em salinidade 15 foi significativamente menor em relação aos outros tratamentos. As análises histológicas mostraram alterações morfológicas importantes, indicando um efeito do estresse nos peixes mantidos em 25 e 250 mg.L⁻¹ CaCO₃ e um efeito de proteção em 750 mg.L⁻¹ CaCO₃. Conclui-se que para cultivar juvenis de tainha em água doce, a dureza mais adequada, dentre as avaliadas, é 250 mg.L⁻¹ CaCO₃.

Palavras chave: Aquicultura. Tainha. Espécie eurialina. Fisiologia. Qualidade de água.

ABSTRACT

The adaptation of lebranche mullet (*Mugil liza* Valenciennes, 1836) to freshwater is an alternative to increase its use in continental fish farming. However, the parameters of freshwater in which the mullet remains in physiological comfort have not yet been established. Calcium is of fundamental importance in metabolic and osmoregulation processes. In this context, the definition of an optimum hardness value, based on the level of calcium in the water, will facilitate the physiological processes for the adaptation of juveniles of this species to fresh water. The objective of this study was to evaluate the effect of three different hardnesses (25, 250 and 750 mg.L⁻¹ CaCO₃) and a control (salinity 15 and hardness 2500 ± 130.9 mg.L⁻¹ CaCO₃) in a 50-day test, evaluating zootechnical performance (weight gain, feed conversion rate, specific growth rate and survival), physiological (glucose) and histological parameters (gill changes) in order to determine the range of hardness in freshwater more suitable for the species. The fish with initial mean weight of 22.0 ± 2.84 g were kept under constant conditions of temperature, pH, alkalinity and ammonia, and fed four times daily with commercial diet. There was no mortality in any treatment, but considering the final weight parameter, in the 250 mg.L⁻¹ CaCO₃ treatment it was significantly higher than in the other treatments in fresh water, but the control had the highest value. The blood glucose of the animals kept at salinity 15 was significantly lower than in the other treatments. Histological analyzes showed important morphological changes, indicating a stress effect on fish kept at 25 and 250 mg.L⁻¹ CaCO₃, and a protective effect at 750 mg.L⁻¹ CaCO₃. In conclusion, to rear juvenile mullet in freshwater, the most suitable hardness among those evaluated is 250 mg.L⁻¹ CaCO₃.

Keywords: Aquaculture. Mullet. Euryhaline species. Physiology. Water quality.

LISTA DE FIGURAS E LEGENDAS

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio-padrão) de parâmetros de qualidade da água em juvenis de tainha em água doce com diferentes durezas (25, 250 e 750 mg.L ⁻¹ CaCO ₃) e em água com salinidade 15 ..	30
Tabela 2. Desempenho zootécnico de juvenis de tainha cultivados por 50 dias em diferentes durezas em água doce (25, 250 e 750 mg.L ⁻¹ CaCO ₃) e água com salinidade 15.....	33
Tabela 3. Valores médios (\pm desvio-padrão) de glicose inicial e final em juvenis de tainha em água doce com diferentes durezas (25, 250 e 750 mg.L ⁻¹ CaCO ₃) e em água com salinidade 15 medidos com glicosímetro portátil	33
Tabela 4. Classificação das alterações histológicas das brânquias quanto ao tipo e localização das lesões e dos estágios em que se inserem modificado de Poleksić e Mitrović-Tutundžić (1994). Classificadas de I a III e avaliadas por tratamento. I: Alteração leve, II: Alteração moderada e III: alteração severa.....	36
Figura 1. <i>Mugil liza</i>	18
Figura 1. Alterações histológicas nas brânquias de <i>M. liza</i> submetidos a quatro tratamentos diferentes. A - Controle (salinidade 15), B - 25 mg.L ⁻¹ CaCO ₃ , C - 250 mg.L ⁻¹ CaCO ₃ e D - 750 mg.L ⁻¹ CaCO ₃ . Em A e B pode-se observar hiperplasia epitelia da lamela secundária. Em A, B, C e D pode-se observar telangiectasia de grau leve e moderado em C. Em A, C e D foi observado hiperplasia do epitélio interlamelar de grau leve e grau severo em B. Em B, C e D foi observado edema justalamelar. Em B e C foi observado descolamento epitelial de grau moderado. Foi observado dilatação do seio venoso da lamela secundária de grau moderado em B e grau leve em C e D.). Coloração hematoxilina-eosina	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
Panorama mundial da aquicultura e piscicultura marinha	17
Aspectos biológicos da tainha	17
Características da água na Piscicultura	18
Importância da salinidade em peixes	20
1.1 OBJETIVOS	21
1.1.1 Geral	21
1.1.2 Específicos	21
1.2. DESENVOLVIMENTO	22
2 ARTIGO CIENTÍFICO	23
Efeito da dureza em juvenis de tainha (<i>Mugil liza</i>) criados em água doce	23
1 Introdução	25
2 Material e Métodos	28
2.1 Origem dos Peixes	28
2.2 Delineamento experimental	28
2.3 Unidades e Condições experimentais	29
2.4 Parâmetros de qualidade da água	29
2.5 Desempenho zootécnico	31
2.6 Coleta de material biológico e análises	31
2.7 Análise estatística	32
3 Resultados	32
3.1 Desempenho zootécnico	32
3.2 Glicose	33
3.3 Análise histológica	34
4 Discussão	37

Agradecimentos	39
5 Referências	40
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL	47

1 INTRODUÇÃO GERAL

Panorama mundial da aquicultura e piscicultura marinha

A importância da aquicultura como atividade produtora de alimentos se confirma devido seu constante crescimento nos últimos anos. Nos últimos trinta anos (1980-2010), a produção mundial de pescado decorrente da aquicultura tem se expandido por quase 12 vezes, a uma taxa média anual de 8,8%. A produção mundial da aquicultura em 2014, incluindo moluscos e crustáceos, foi de 73,78 milhões de toneladas com um valor total estimado em US\$ 160 bilhões (FAO, 2014).

O aumento na produção de organismos aquáticos se deve, dentre outros fatores, ao aumento da população mundial e o consequente crescimento do consumo mundial de pescado per capita, que foi de 19,7 kg em 2014, e também ao desenvolvimento de tecnologias de cultivo, que possibilitam intensificar os sistemas de produção (FAO, 2014). Atualmente, cerca de 600 espécies aquáticas são cultivadas em cerca de 190 países em diversas instalações e sistemas de cultivo, utilizando de água doce, salobra e marinha (FAO, 2014).

No panorama da aquicultura mundial, a produção de peixes marinhos ainda é pouco significativa (FAO, 2014), apesar da existência de peixes marinhos com grande potencial para o cultivo. As principais espécies de peixes marinhos cultivadas a nível mundial são: peixe-leite *Chanos chanos*, garoupas *Epinephelus spp*, pargos *Pagrus major* e *P. auratus*, tainhas *Mugil platanus* e *M. cephalus*, pampas *Trachinotus spp.*, olhete *Seriola sp.*, dourada *Sparus aurata*, robalo europeu *Dicentrarchus labrax*, linguado japonês *Paralichthys olivaceus* e linguado europeu *Psetta máxima* (CERQUEIRA, 2004).

De acordo com Cerqueira (2004), para que a produção de peixes marinhos seja incrementada, é necessário o desenvolvimento de tecnologia apropriada para a propagação artificial, de modo a promover a oferta de alevinos e ao mesmo tempo desenvolver técnicas de cultivo intensivas.

Aspectos biológicos da tainha

A tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836 (Teleostei: Mugilidae) possui corpo robusto, fusiforme (Fig. 1), com coloração azulada no dorso, prateada nas laterais e ventre. Possui escamas grandes e boca anterior larga. São encontradas desde o Rio de Janeiro, Brasil até a

Argentina, sendo comuns ao sul de São Paulo. No Rio Grande do Sul, é abundante na região estuarina da Lagoa dos Patos. São peixes costeiros de águas tropicais e subtropicais que nadam na superfície formando cardumes. São encontrados em grande abundância em ambientes estuarinos, onde podem atingir até 50 cm de comprimento total médio, com 6 a 8 kg de peso (VIEIRA e SCALABRIN, 1991).



Figura 1. *Mugil Liza* (FONTE – FISHBASE.ORG)

Tem hábito alimentar detritívoro (iliófagos), alimentam-se de microorganismos bentônicos, principalmente detritos, diatomáceas (*Skeletonema costatum*), cianofíceas, bactérias, vegetais em decomposição (detritos), associados ao sedimento inorgânico. É um peixe teleósteo eurialino, e é capaz de manter relativamente constante a osmolaridade e composição iônica de seus fluídos internos, independente da composição do meio externo, através de processos regulatórios (NORDLIE AND LEFFLER, 1975).

Os peixes adultos migram para o mar aberto para desovar, entre a costa norte do Rio Grande do Sul e norte de Santa Catarina, onde formam grandes cardumes. A desova ocorre entre final de outono e início de inverno, com picos nos meses de maio e junho, podendo se estender até setembro. Os juvenis procuram águas costeiras, penetrando em estuários onde se desenvolvem e à medida que crescem, migram para o mar. A espécie apresenta vantagens para a piscicultura por ser rústica e robusta, suportando bem as condições de confinamento, aceitando com facilidade a alimentação artificial e tendo boa resistência às variações de temperatura e principalmente de salinidade, o que a torna capaz de ser criada em diversos ambientes (VIEIRA e SCALABRIN, 1991).

Características da água na Piscicultura

As características da água podem afetar a sobrevivência, reprodução, crescimento e a produção de peixes, por isso a importância de se avaliar as características físico-químicas da água em que uma determinada espécie é cultivada (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994).

A água do mar é uma solução salina concentrada, e em muitas partes do oceano ela é homogênea, tendo uma concentração uniforme. Sua força iônica é relativamente constante tendo, Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- e SO_4^{2-} como os íons predominantes (IRGOLIC e MARTELL, 1985). Devido à alta concentração de Ca^{2+} , aproximadamente $10,23 \text{ mMol.L}^{-1}$, tem elevada dureza, em média $6.600 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (VINATEA, 2010; BALDISSEROTTO, 2013). É composta por 96,7% de água e 3,3% de sais dissolvidos (ROTHERHAM et al., 2006). O valor aproximado da salinidade da água do mar gira em torno de 35.

A alcalinidade e a dureza são os principais parâmetros relacionados com os sais presentes na água doce, e muito considerados no cultivo de peixes (VINATEA, 2003). Alcalinidade e dureza são facilmente confundidas pelo fato de serem expressas pela mesma medida, $\text{CaCO}_3 \text{ mg.L}^{-1}$. Entretanto a dureza da água é determinada pelo conteúdo de sais de cálcio e magnésio, estreitamente ligados a íons carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato, e com íons sulfato, cloretos e outros ânions de acidez mineral (WETZEL, 1975).

Alcalinidade da água é a medida da sua capacidade para neutralizar ácidos (SAWYER e MCCARTY, 1978). É uma medida da quantidade de ácido (íon hidrogênio) que a água pode absorver antes de atingir um pH designado.

Segundo Vinatea (2010), os bicarbonatos (HCO_3^-) representam a maior parte da alcalinidade, já que os mesmos são formados em grandes quantidades pela reação do dióxido de carbono (CO_2) com materiais básicos presentes no solo. Ainda que diversos materiais possam contribuir com a alcalinidade da água, a sua maior parte deve-se aos hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. Para fins práticos a alcalinidade devida a outros compostos é insignificante e pode ser desconsiderada.

A dureza da água está relacionada com o conteúdo da água corrente e de fontes naturais em íons de metais alcalino-terrosos, especialmente cálcio e magnésio. A dureza total da água é expressa em equivalentes de CaCO_3 ($\text{mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$). Em águas naturais, os valores de dureza total geralmente se equiparam à alcalinidade total, ou seja, Ca^{2+} e Mg^{2+} praticamente se encontram associados aos íons bicarbonatos e carbonatos. As águas doces podem ser classificadas quanto ao seu grau de dureza (VINATEA, 2010), de acordo com os seguintes intervalos: $< 50 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (água mole), de 50 a $150 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (moderadamente dura), de 150 a $300 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (água dura) e $> 300 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (água muito dura).

Dureza de “carbonato de cálcio” é um termo geral que indica a quantidade total de sais divalentes presentes e não identifica especificamente se o Cálcio, Magnésio e/ou algum outro sal divalente está causando a dureza da água. A dureza pode ser uma mistura de sais divalentes. Em teoria, é possível ter água com elevada dureza que não contém cálcio, mas este é considerado um sal bivalente de significativa importância na qualidade da água, para a Piscicultura. O cálcio é importante para a regulação de íons em peixes de água doce, porque influencia a permeabilidade das membranas biológicas, impedindo a elevada perda iônica para o meio. É também essencial para processos biológicos, tais como a construção dos ossos, coagulação do sangue, e outras funções celulares (FLIK et al., 1985). Heuts (1947) descobriu que a adição deste íon diminuiu a perda de cloreto para o meio externo quando *Gasterosteus aculeatus* foi mantido em água destilada.

Importância da salinidade em peixes

O estudo da osmorregulação é fundamental, visto que a maioria dos peixes vive em ambientes com concentrações de íons diferente do seu sangue (BALDISSEROTTO, 2003). A osmorregulação é um processo de alta demanda energética e está intimamente ligado à salinidade ideal das espécies, podendo reduzir a energia gasta à manutenção da homeostase e consequentemente, promover a maximização do crescimento.

As exigências e os mecanismos de funcionamento das vias ionorregulatórias mudam em função da salinidade ambiental, alimentação, atividade, estágio de desenvolvimento e de uma variedade de estressores. A aclimação à mudança de salinidade requer uma reorganização estrutural e metabólica para satisfazer o aumento da demanda energética associada à exposição ao novo ambiente (BALDISSEROTTO et al., 2007).

As células de cloreto, localizadas nos filamentos branquiais e na membrana opercular, são as principais vias de excreção do excesso dos íons de Na^+ , Cl^- e K^+ nos peixes (PERRY, 1997; BALDISSEROTTO, 2007). Sendo que variações na salinidade podem provocar aumento no tamanho, densidade e modificações morfológicas das células de cloreto (PERRY, 1997; MYLONAS et al., 2009).

O desafio osmorregatório enfrentado por peixes em ambiente hiposmótico em relação ao seu fluído interno (como no caso do peixe em água doce) é o ganho osmótico de água e a perda difusiva de íons. O trabalho osmótico necessário para manter a concentração osmótica

corresponde à reposição de íons para compensar a perda difusiva e a eliminação do excesso de água adquirido por osmose (MARSHALL e GROSELL, 2006). Em estágios finais, há uma nova reorganização morfofisiológica principalmente de brânquia e rim (MARSHALL e GROSELL, 2006). A dureza da água tem fundamental importância para o processo de osmorregulação. É uma medida da quantidade de ions divalentes, tais como cálcio, magnésio e/ou ferro na água. A dureza pode ser uma mistura de sais divalentes, no entanto, cálcio e magnésio são as fontes mais comuns de dureza da água. Os peixes podem absorver o cálcio e o magnésio diretamente da água ou do alimento. Entretanto, o cálcio é o sal presente na água com maior importância no cultivo de peixes. A presença de cálcio livre (iônico) na água ajuda a reduzir a perda de outros sais (por exemplo, sódio e potássio) a partir de fluidos corporais de peixe (WURTS e DURBOROW, 1992).

Portanto, considerando a tainha como uma espécie com alto potencial para cultivo em água doce, é preciso estudar as condições de dureza mais apropriadas para seu conforto fisiológico, de modo que possa se adaptar e se desenvolver, bem como conhecer os mecanismos envolvidos nesta adaptação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

- Avaliar parâmetros zootécnicos e fisiológicos para juvenis de tainha mantidos em água doce contendo diferentes durezas.

1.1.2 Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes durezas em água doce (25, 250 e 750 mg CaCO_3) em juvenis de tainha por um período de 50 dias.
- Avaliar o desempenho zootécnico (ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e sobrevivência em juvenis de tainha mantidos em água doce contendo diferentes durezas.
- Avaliar a concentração de glicose e os parâmetros fisiológicos no tecido branquial de juvenis de tainha mantidos em água doce contendo diferentes durezas.

1.2. DESENVOLVIMENTO

Neste item será apresentado um artigo científico resultante do desenvolvimento da dissertação, que está redigido segundo as normas do periódico “Aquaculture” (Elsevier).

2. ARTIGO CIENTÍFICO

Efeito da dureza da água em juvenis de tainha (*Mugil liza*) criados em água doce

Fernanda Scheuer^{a*}, Cristina Vaz Avelar de Carvalho^a, Manecas Francisco Baloi^a, Natália Locks Ferreira^b, Lucas Cardoso^c, Vinicius Ronzani Cerqueira^a, Maurício Laterça Martins^b.

^aLaboratório de Piscicultura Marinha, ^bLaboratório de Camarões Marinhos, ^cNúcleo de Estudos em Patologia Aquícola, Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 88061-600, Florianópolis, SC, Brasil.

RESUMO

A adaptação da tainha (*Mugil liza* Valenciennes, 1836) à água doce é uma alternativa para aumentar seu uso na piscicultura continental. Entretanto, ainda não estão estabelecidos os parâmetros de água doce em que a espécie se mantém em conforto fisiológico. O cálcio é de fundamental importância nos processos metabólicos e de osmorregulação. Nesse contexto, a definição de um valor ótimo de dureza, baseada no nível de cálcio na água, facilitará os processos fisiológicos para a adaptação de juvenis desta espécie em água doce. Este estudo teve como objetivo, avaliar o efeito de três diferentes durezas de água doce (25, 250 e 750 mg.L⁻¹ CaCO₃) e um controle (salinidade 15 e dureza 2500 ± 130,9 mg.L⁻¹ CaCO₃), em juvenis de tainha, através de um teste com duração de 50 dias, avaliando o desempenho zootécnico (ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e sobrevivência), parâmetros fisiológicos (glicose) e histológicos (alterações de brânquias) a fim de determinar a faixa de dureza em água doce mais adequada para a espécie. Os peixes com peso médio inicial de 22,0 ± 2,84 g foram mantidos em condições constantes de temperatura, pH, alcalinidade e amônia, e alimentados quatro vezes ao dia com dieta comercial. Não houve mortalidade em nenhum tratamento, mas considerando o parâmetro peso, somente o tratamento 250 mg.L⁻¹ CaCO₃ teve valor significativamente superior aos demais tratamentos em água doce, porém, no controle o peso teve o valor mais elevado de todos. A glicose no sangue dos animais mantidos em salinidade 15 foi significativamente menor em relação aos outros tratamentos. As análises histológicas mostraram alterações morfológicas importantes, indicando um efeito do estresse nos peixes mantidos em 25

e 250 mg.L⁻¹ CaCO₃ e um efeito de proteção em 750 mg.L⁻¹ CaCO₃. Conclui-se que para cultivar juvenis de tainha em água doce, a dureza mais adequada, dentre as avaliadas, é 250 mg.L⁻¹ CaCO₃.

Palavras chave: Aquicultura. Tainha. Espécie eurialina. Fisiologia. Qualidade de água.

ABSTRACT

The adaptation of lebranche mullet (*Mugil liza* Valenciennes, 1836) to freshwater is an alternative to increase its use in continental fish farming. However, the parameters of freshwater in which the mullet remains in physiological comfort have not yet been established. Calcium is of fundamental importance in metabolic and osmoregulation processes. In this context, the definition of an optimum hardness value, based on the level of calcium in the water, will facilitate the physiological processes for the adaptation of juveniles of this species to fresh water. The objective of this study was to evaluate the effect of three different hardnesses (25, 250 and 750 mg.L⁻¹ CaCO₃) and a control (salinity 15 and hardness 2500 ± 130.9 mg.L⁻¹ CaCO₃) in a 50-day test, evaluating zootechnical performance (weight gain, feed conversion rate, specific growth rate and survival), physiological (glucose) and histological parameters (gill morphological changes) in order to determine the range of hardness in freshwater more suitable for the species. The fish with initial mean weight of 22.0 ± 2.84 g were kept under constant conditions of temperature, pH, alkalinity and ammonia, and fed four times daily with commercial diet. There was no mortality in any treatment, but considering the final weight, in the 250 mg.L⁻¹ CaCO₃ treatment it was significantly higher than in the other treatments in fresh water, but the control had the highest value. The blood glucose in salinity 15 was significantly lower than in the other treatments. Histological analyzes showed important morphological changes, indicating a stress effect on fish kept at 25 and 250 mg.L⁻¹ CaCO₃, and a protective effect at 750 mg.L⁻¹ CaCO₃. In conclusion, to rear juvenile mullet in freshwater, the most suitable hardness among those evaluated is 250 mg.L⁻¹ CaCO₃.

Keywords: Aquaculture. Mullet. Euryhaline species. Physiology. Water quality.

1 Introdução

A tainha, *Mugil liza* Valenciennes, 1836 (Teleostei: Mugilidae) é considerada um peixe importante na pesca comercial no sul e sudeste brasileiro (Menezes, 1983), pois representa a principal espécie para consumo em comunidades pesqueiras costeiras da região Sul (Lima e Velasco, 2012), sustentando a pesca artesanal histórica e culturalmente importante no litoral Sul e Sudeste do país (IBAMA/ ICMBio/ CEPISUL 2007). Segundo o diagnóstico publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) em 2015, a produção nacional de Mugilídeos apresenta dois momentos distintos entre 1980 e 2010. Até 1994 a produção oscilou com uma média anual de 20.850 t. A partir de 1995 apresentou declínio acentuado, com uma produção média anual de aproximadamente 13.650 t. Apesar das flutuações, as capturas reportadas aumentaram após o ano 2000, atingindo recorde em 2007, quando foram capturadas 21.412 t (MPA/MMA 2015). As regiões Norte e Nordeste do país foram responsáveis por 56 a 60% dos desembarques de Mugilídeos entre o período de 1980 a 2010, entretanto os dados são relativos a família Mugilidae, enquanto que o Sul e Sudeste contribuíram de 40 a 44% do total, somente com a captura de *M. liza*. Com base nos dados da aquicultura nacional, surge a possibilidade de cultivo de tainha em água doce, pois além de possuir carne apreciada, sendo que a gônada feminina da tainha também é utilizada tanto no Brasil quanto em outros países. É uma espécie rústica, de fácil manejo e adaptação ao cativeiro, que aceita fácil a dieta artificial e oferece mais oportunidade de criação devido à possibilidade de uso de diferentes fontes de água (Fonseca Neto e Spach 1998/1999), pois têm boa resistência a variações de salinidade e temperatura (Hossler e Merchant, 1983; Mendez, 1983).

É bem estabelecido que teleósteos eurialinos, como a tainha, são capazes de manter a osmolaridade do sangue em uma faixa tolerável, independente da salinidade do meio, devido a uma regulação hidromineral eficaz (Greenwel et al., 2003; Varsamos et al., 2005). Entretanto essa manutenção depende de diversos fatores que ainda não são bem conhecidos. O sucesso no estabelecimento de uma espécie aquática em um determinado habitat depende da sua capacidade de lidar com as mudanças de salinidade em cada estágio de desenvolvimento utilizando-se da osmorregulação (Varsamos et al, 2005). O estudo da osmorregulação é fundamental, uma vez que a maioria dos peixes vive

em ambientes com concentrações de íons diferente de seus fluidos internos (Baldiasserotto, 2003).

Incremento no crescimento foi evidenciado em salinidades mais baixas (0 a 9), em estudos com striped bass (*Morone saxatilis*) (Peterson et al. 1996), tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Likongwe 1996), peixe-leite (*Chanos chanos*) (Alava, 1998), e juvenis selvagens de robalo-peva (*Centropomus parallelus*) (Rocha et al., 2004). Nestes casos, melhor crescimento nestas condições foi atribuído a menor requerimento energético para a manutenção do equilíbrio iônico e osmótico em baixos níveis de salinidade (baixa a intermediária) do que em água salgada, resultando em um melhor crescimento, ou a uma preferência, em idades mais jovens, por ambientes de salinidades mais baixas como estuários ou ambientes dulcícolas no desenvolvimento natural (Alava, 1998).

A resposta metabólica de teleósteos à diferentes condições osmóticas, inclui estresse, componentes osmorregulatórios e de metabolismo energético (Morgan e Iwama, 1991). O aspecto central da adaptação ao estresse é a realocação da energia de atividades de alta demanda energética, como crescimento e reprodução, para atividades que requerem intensificação para restaurar a homeostase, tais como respiração, locomoção, balanço hidromineral e reparação de tecidos. Esta dinâmica pode reduzir consideravelmente a capacidade de desempenho do peixe, tanto durante a fase de reestabelecimento frente a um estresse agudo, quanto no estresse crônico (Mommensen et al., 1999; Pankhurst e Kraak, 1997; Michelotti et al., 2015).

A dureza tem importância prática para a Piscicultura, pois os peixes absorvem Ca^{2+} e Mg^{2+} diretamente da água (Silva et al., 2003). A dureza total é expressa em miligrama por litro de carbonato de cálcio ($\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$), independentemente dos íons que estejam presentes no meio (Cotton e Lynch, 1968). Contudo, a dureza de Ca^{2+} em água doce é considerada determinante, quando comparada à dureza total, devido à sua importância para a fisiologia dos peixes, os quais podem obter Ca^{2+} a partir dos alimentos por absorção intestinal (Baldiasserotto e Mimura, 1995), mas a principal forma de absorção é pelas brânquias (Hwang et al, 1996). A baixa concentração de Ca^{2+} em alimentos e água pode limitar o desenvolvimento dos peixes (Rodgers, 1984). Este íon também é vital para processos biológicos, tais como a construção dos ossos, coagulação do sangue, e outras funções celulares (Flik et al., 1985). Boyd (1979) recomenda que para um bom crescimento dos peixes em água doce a dureza seja superior a $20 \text{ mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$. Por outro lado, na piscicultura em água salgada a dureza não é uma preocupação, dado o

fato de que a concentração de cálcio neste ambiente é muito alta (Portz et al., 2006).

No cultivo de peixes marinhos em água doce, o aumento da dureza pode proporcionar um maior conforto fisiológico para os peixes. Aparentemente, o efeito da dureza da água no crescimento varia de acordo com a fase da vida, espécie e qualidade da água. Por exemplo, a exposição de peixes à água com pH muito ácido ou alcalino é letal, mas a sobrevivência é mais alta quando os peixes estão em água dura, com dureza entre 150 e 300 mg.L⁻¹ (Baldisseroto, 2011). Estudos recentes feitos com o robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), outra espécie eurialina, comprovaram que o controle da dureza é importante para o seu cultivo em água doce (Michelotti et al, 2015). Em estudo feito sobre a sobrevivência de larvas de “perca amarela” (*Perca flavescens*) mostrou que em níveis de dureza alta (544 e 4239 mg.L⁻¹) a sobrevivência foi maior do que em níveis baixos (55 e 132 mg.L⁻¹) (El-Gawad, 2016).

Estudos feitos com juvenis da tainha demonstraram que possuem um mecanismo osmorregulatório bem desenvolvido que lhes permite tolerar uma ampla faixa de variação de salinidade de forma eficiente (Cunha, 2012). Em água doce, as tainhas estão expostas à absorção de água por osmose e perda de íons por difusão. Para compensar a troca passiva de íons, os peixes precisam limitar a perda, absorvendo os íons por células especializadas que revestem o epitélio osmorregulatório (Nebel et al., 2005). Porém, ainda não estão bem definidos os níveis dos parâmetros de qualidade de água e balanço iônico em que mantem seu conforto fisiológico e ótimo crescimento em água doce. Assim sendo, faz-se necessária realização de estudos que indiquem em qual salinidade essa espécie apresenta melhor desempenho em relação a maiores taxas de sobrevivência e crescimento.

A hipótese do presente trabalho é que haverá uma melhor adaptação e desenvolvimento quando cultivada em água doce dura, com maior disponibilidade de Ca²⁺. O objetivo foi determinar uma faixa ideal de dureza para a criação do juvenil de tainha em água doce, avaliando parâmetros zootécnicos (crescimento e sobrevivência), fisiológicos (glicose no sangue) e alterações morfológicas nas brânquias.

2 Material e Métodos

2.1 Origem dos Peixes

O experimento foi conduzido no Laboratório de Piscicultura Marinha - LAPMAR da Universidade Federal de Santa Catarina, localizado na Estação de Maricultura Professor Elpídio Beltrame, Barra da Lagoa, Florianópolis, Santa Catarina. Os juvenis de *Mugil liza* utilizados neste experimento ($n = 240$), estavam com 8 meses de idade e pesavam $22 \pm 2,84$ g. Os peixes foram obtidos a partir de reprodução no próprio laboratório a partir de espécimes mantidos em cativeiro, de acordo com métodos descritos previamente (Passini et al., 2015). Anteriormente ao início do experimento, estavam em um tanque de 6000 L, onde eram mantidos em salinidade 32 e temperatura de 28 °C. Todo o manejo feito com os peixes seguiu a metodologia aprovada pelo Comitê de Ética para Uso de Animais da UFSC (Protocolo ProPesq/CEUA n° PP0861).

2.2 Delineamento experimental

Inicialmente foi realizado um teste agudo de 96 h onde foram utilizados 7 tratamentos com 3 repetições cada utilizando 21 baldes de 15 L cada. Os tratamentos foram relativos à dureza da água e tinham as concentrações de 20, 100, 250, 500, 750 e 1000 mg.L⁻¹ CaCO₃ e um tratamento com água do mar (controle). Os animais foram transferidos para as unidades experimentais de forma abrupta e não houve alimentação. Foram mensurados diariamente salinidade (refratômetro portátil), oxigênio dissolvido, temperatura (oxímetro Alfakit AT-150), pH (pHmetro portátil), alcalinidade e dureza pelo método de titulação EDTA (Eaton et al., 2005). Todos os dias foram contabilizados os peixes mortos para análise de sobrevivência. Houve 100% de mortalidade nos tratamentos com dureza abaixo de 100 mg.L⁻¹ CaCO₃.

Com base nos resultados do teste agudo, foi realizado um teste de longo prazo com duração de 50 dias, com valores pré-selecionados de dureza da água doce, a fim de obter um tratamento com água mole (25 mg.L⁻¹ CaCO₃), um segundo com água dura (250 mg.L⁻¹ CaCO₃) e um terceiro com água extremamente dura (750 mg.L⁻¹ CaCO₃), além do tratamento controle utilizando água do mar mais água mole (25 mg.L⁻¹ CaCO₃), resultando em salinidade 15, que teve a função de se aproximar do ponto isosmótico (13,5) da tainha (Cunha, 2012).

2.3 Unidades e Condições experimentais

Foram utilizados 4 sistemas de recirculação de água independentes com vazão de $1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, cada um acoplado a três tanques de 100 L, totalizando 12 tanques. Cada sistema contava com uma caixa tampão de 100 L, onde estavam uma bomba d'água, aquecedor com termostato, UV e mídia biológica (*bioballs*), estes últimos com o objetivo de auxiliar na qualidade da água do sistema. Todos os tanques permaneciam cobertos por tela, para evitar saltos e perdas de peixes. Cada unidade experimental contava com aeração leve e constante e o fotoperíodo utilizado foi 12 h luz e 12 h escuro.

O sistema contava também com 4 tanques de 80 L de solução estoque de água, preparada diariamente, a fim de renovar 20% por dia da água de cada tratamento. Esta solução contava com a mesma qualidade de água dos sistemas experimentais, incluindo a dureza pré-estabelecida.

A densidade inicial foi de 20 peixes por tanque (0,2 peixes/L de água). Após 25 dias de experimento foi feita uma diminuição da densidade, retirando 10 peixes de cada unidade experimental, pois em todos os tratamentos os peixes apresentavam comportamento distinto do início (natação errática e diminuição de apetite), provavelmente devido à alta densidade.

A redução na salinidade foi efetuada progressivamente através da diluição da água marinha (25% diariamente) com água filtrada, desclorada, e dureza de $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (valor intermediário entre os tratamentos testados), até chegar à salinidade 0 e água cada vez mais dura adicionando cloreto de cálcio di-hidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Após este período, os peixes foram distribuídos aleatoriamente nas unidades experimentais.

A alimentação foi feita com dieta comercial (Nutripiscis AL 45, Presence, São Paulo, Brasil) contendo 45% de proteína, oferecida manualmente à saciedade, quatro vezes ao dia (8:30 h, 11:30 h, 14:30 h e 17:30 h). A alimentação foi suspensa 24 h antes das amostragens intermediária e final do experimento. Restos de alimento e fezes foram retirados diariamente através de sifonamento.

2.4 Parâmetros de qualidade da água

Foram medidos diariamente a salinidade com refratômetro portátil (Instrutherm RTS-101ATC-03137, Instrutherm Instrumentos de

Medição Ltda., São Paulo, Brasil), oxigênio dissolvido e a temperatura com oxímetro portátil (HI 9146, HANNA Instruments Brasil, São Paulo, Brasil), o pH com pHmetro portátil (AT 315 Microprocessado, Alfacit Ltda, Florianópolis, Brasil), dureza pelo método de titulação EDTA (Eaton et al., 2005) e a alcalinidade (APHA, 2005). A concentração de amônia foi medida semanalmente utilizando curva de calibração (Strickland e Parsons, 1972).

A água doce utilizada no experimento vinha diretamente da estação de distribuição de água do município de Florianópolis (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN) e tinha dureza média de $33 \pm 7,09 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$. Quando necessário foram feitos ajustes de dureza dos tratamentos utilizando $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e de alcalinidade utilizando NaHCO_3 . O pH, quando abaixo de 7,0, foi ajustado utilizando uma solução de NaOH 2N. A alcalinidade da água foi fixada em $50 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ para água marinha e $20 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ para água doce, para facilitar na manutenção do pH do sistema de cultivo. Os valores médios de todos os parâmetros estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio-padrão) de parâmetros de qualidade da água para juvenis de tainha em água doce com diferentes durezas (25, 250 e 750 $\text{mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$) e salinidade 15 (dureza 2500 $\text{mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$).

Parâmetros	Dureza			Sal. 15
	25	250	750	
pH	$7,57 \pm 0,27^a$	$7,22 \pm 0,50^b$	$7,35 \pm 0,31^b$	$7,33 \pm 0,19^b$
OD (mg.L^{-1})	$5,4 \pm 0,73^b$	$5,25 \pm 0,60^b$	$4,95 \pm 0,65^b$	$4,5 \pm 0,57^a$
T ($^{\circ}\text{C}$)	$30,0 \pm 1,23^a$	$29,45 \pm 1,15^b$	$29,7 \pm 1,12^b$	$29,7 \pm 0,19^b$
Alcal.	$22 \pm 4,62$	$20 \pm 3,49$	$26 \pm 3,71$	$44,5 \pm 8,91$
DN	25	250	750	2600

Oxigênio dissolvido (OD), Temperatura (T), Alcalinidade (Alcal.), Dureza Nominal (DN) e Dureza Real (DR). Letras distintas (a, b, c) indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A amônia não ultrapassou o valor de $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$. Houve diferença significativa em relação ao pH e temperatura do tratamento 25 $\text{mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ em relação aos demais. O oxigênio dissolvido do tratamento controle foi significativamente maior em relação aos outros tratamentos.

2.5 Desempenho zootécnico

Em todas as amostragens foi utilizado Benzocaína (50 mg.L⁻¹) como anestésico. Nas biometrias os juvenis foram pesados em balança de precisão e medidos com régua. Aqueles que tiveram coleta de material (sangue e brânquias) foram previamente anestesiados e depois eutanasiados com uma super-dosagem de Benzocaína (200 mg.L⁻¹).

No início do experimento foi realizada uma biometria numa amostra de 20 peixes. Após 25 dias foi realizada nova biometria com todos os peixes e retirados 50% dos peixes de cada unidade experimental.

Ao final do experimento foi realizada uma biometria com 100% dos peixes. Foram coletados sangue e brânquias de 5 peixes por unidade experimental para determinação de glicose e preparação de lâminas histológicas, respectivamente.

Os parâmetros avaliados foram: Sobrevivência (%); Ganho de Peso: GP (g) = diferença do peso final (Pf) e inicial (Pi); Taxa de Crescimento Específica: TCE = $[(\ln Pf - \ln Pi)/t] \times 100$, onde t é o tempo (dias); Conversão alimentar aparente: CAA = AO/GP, onde AO é a quantidade de alimento oferecido (g).

2.6 Coleta de material biológico e análises

As lâminas histológicas foram feitas no Núcleo de Estudos em Patologia Aquícola (NEPAQ – UFSC). Para realização das análises histológicas, foi utilizado n=5 peixes por repetição por tratamento, totalizando 60 peixes. Foi padronizado o corte total do segundo arco branquial esquerdo e após os cortes, as amostras foram armazenadas individualmente em cassetes e imersas em solução de formalina tamponada 10% até a data da histologia.

As amostras foram posteriormente desidratadas em série crescente de etanol, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina para obtenção de cortes transversais de 3 µm de espessura, utilizando micrótomo manual. Após, foram coradas com hematoxilina-eosina (H-E) segundo metodologia de Michalany (1998). Para cada lâmina foram capturadas três imagens em microscópio (LEICA DM750, Wetzlar, Alemanha) para posterior análise com um software específico (LEICA LAS-EZ, Wetzlar, Alemanha). A análise das brânquias consistiu na busca por alterações teciduais como hiperplasia epitelial da lamela secundária, hiperplasia epitelial interlamelar, fusão da lamela

secundária, telangiectasia, congestão do seio venoso da lamela primária, fusão da lamela secundária, edema justalamelar, descolamento epitelial, dilatação do seio da lamela secundária e aumento no volume das células de cloreto, de acordo com os graus de severidade segundo metodologia adaptada de Poleksić e Mitrović-Tutundžić (1994): I- Alteração leve, II- Alteração moderada, III- alteração severa, estas alterações foram classificadas com base na localização das lesões: focais, multifocais e coalescentes.

No início e ao final do período experimental foi coletado sangue para a análise de glicose. O sangue foi obtido por punção caudal e, imediatamente após a coleta, foi medida a glicose com glicosímetro portátil (Ultra 2 System Kit Glico Apar, Onetouch, Brasil).

2.7 Análise estatística

O tratamento estatístico dos resultados foi feito através do teste de Normalidade (Shapiro-Wilk test) e Homocedasticidade (Levene), Análise de Variância Unifatorial (ANOVA), e aplicado o Teste de Tukey para separação das médias, ao nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas com o programa Statistica 7.0. Os dados estão apresentados como média \pm desvio padrão.

3 Resultados

3.1 Desempenho zootécnico

Não houve diferença significativa na mortalidade dos tratamentos. Na primeira biometria, aos vinte e cinco dias, não havia diferença significativa de comprimento e peso entre os tratamentos.

No final do experimento, o tratamento controle (salinidade 15) apresentou maior ($P > 0,05$) ganho em peso, peso final, TCE e menor conversão alimentar quando comparado com os outros tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho zootécnico de juvenis de tainha cultivados por 50 dias em diferentes durezas em água doce (25, 250 e 750 mg.L⁻¹ CaCO₃) e controle em salinidade 15 (dureza 2500 mg.L⁻¹ CaCO₃).

Parâmetros	Dureza			Sal. 15
	25	250	750	
Pf (g)	29,16±2,62 ^c	34,04±3,08 ^b	29,89±0,61 ^c	40,30±2,72 ^a
GP (g)	7,16±2,62 ^b	12,03±3,08 ^b	7,88±0,83 ^b	18,3±2,72 ^a
CA	3,65±1,61 ^b	2,06±0,58 ^{ab}	3,34±0,29 ^{ab}	1,55±0,20 ^a
TCE (%/dia)	2,88±0,08 ^c	3,02±0,08 ^b	2,91±0,01 ^c	3,18±0,05 ^a
S (%)	100	93,33	100	100

Valores médios (± desvio-padrão) de peso final (Pf), ganho de peso (Gp), conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específico (TCE) e sobrevivência (S) de juvenis de *Mugil liza*. Letras distintas (a, b, c) indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.2 Glicose

Foi feita uma medição de glicose juntamente com a biometria inicial e o valor médio foi considerado ara o valor de glicose inicial.

Os níveis de glicose foram maiores nos peixes mantidos no tratamento salinidade 15. As concentrações da glicose estão representadas na Tabela 3. Não houve diferença significativa entre o tratamento controle e os demais tratamentos no final do experimento.

Tabela 3. Valores médios (± desvio-padrão) de glicose inicial e final em juvenis de tainha em água doce com diferentes durezas (25, 250 e 750 mg.L⁻¹ CaCO₃) e em salinidade 15 (dureza 2500 mg.L⁻¹ CaCO₃).

Tratamentos	Glicose	
	Inicial	Final
Sal. 15	170,5 ± 41,52	82,85 ± 7,87 ^a
25	170,5 ± 41,52	136,71 ± 15,67 ^b
250	170,5 ± 41,52	111,85 ± 16,97 ^b
750	170,5 ± 41,52	126,85 ± 32,40 ^b

Valores médios (± desvio-padrão) de glicose no sangue de juvenis de *Mugil liza*. Letras distintas (a, b, c) indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.3 Análise histológica

Foram observadas alterações morfológicas em todos os tratamentos com hiperplasia epitelial da lamela secundária, hiperplasia epitelial interlamelar, fusão da lamela secundária, telangiectasia, congestão do seio venoso da lamela primária, fusão da lamela secundária, edema justalamelar, descolamento epitelial, dilatação do seio da lamela secundária e aumento no volume das células de cloreto.

A análise histológica das brânquias revelou que os animais mantidos a $25 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ apresentaram as maiores frequências de intensidade de alterações severas (grau III) de hiperplasia da lamela secundária, hiperplasia interlamelar e edema interlamelar (Figura 1 -B). Por outro lado, os animais mantidos a $750 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ foram os que apresentaram menores níveis de alteração, permanecendo na maioria dos casos em zero (Figura 1 - D), logo, as alterações com maior grau de severidade foram relacionadas ao tratamento com menor concentração de Ca^{2+} , e as de menor intensidade à maior concentração de Ca^{2+} .

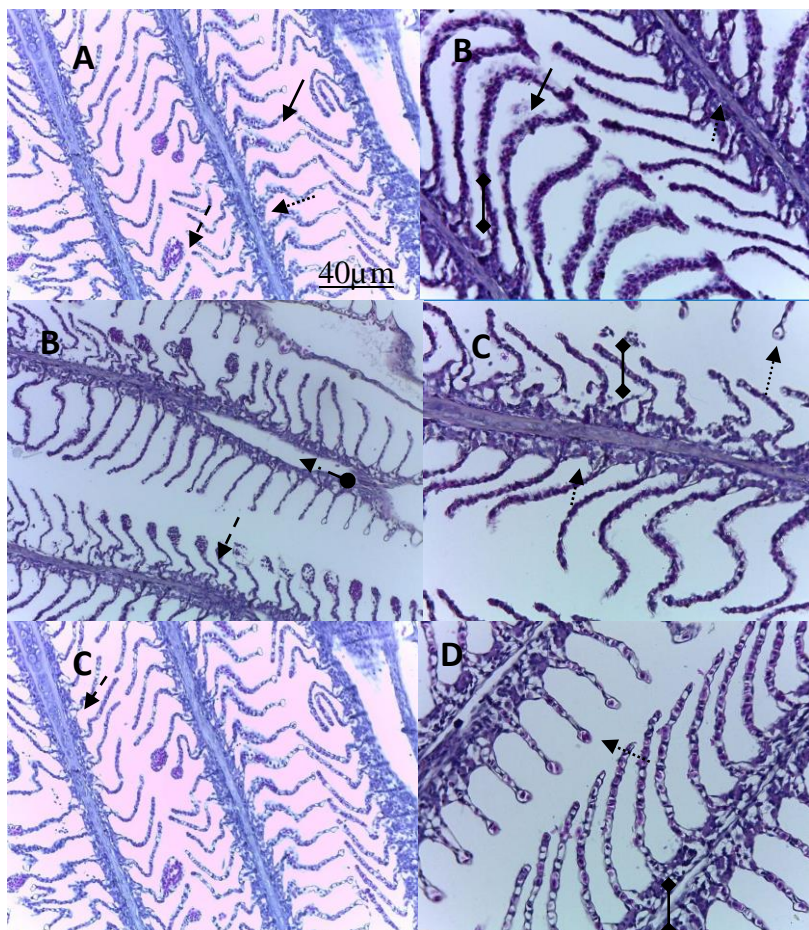


Figura 1. Alterações histológicas nas brânquias de juvenis de tainha em água doce com diferentes durezas e com salinidade 15. A - Controle (2500 mg.L⁻¹ CaCO₃), B - 25 mg.L⁻¹ CaCO₃, C - 250 mg.L⁻¹ CaCO₃ e D - 750 mg.L⁻¹ CaCO₃. Em A e B foi observado hiperplasia epitélia da lamela secundária. Em A, B, C e D pode-se observar telangiectasia de grau leve e moderado em C. Em A, C e D observou-se hiperplasia do epitélio interlamelar de grau leve e grau severo em B. Em B, C e D foi observado edema justalamelar. Em B e C houve descolamento epitelial de grau moderado. Foi observado dilatação do seio venoso da lamela secundária de grau moderado em B e grau leve em C e D. Coloração hematoxilina-eosina.

As alterações morfológicas das brânquias foram classificadas segundo metodologia adaptada de Poleksić e Mitrović-Tutundžić (1994)

conforme o grau de severidade, onde grau I- Alteração leve, II- Alteração moderada, III- Alteração severa e também foram classificadas com base na localização das lesões: focais, multifocais e coalescentes. As alterações histológicas observadas estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação das alterações histológicas das brânquias quanto ao tipo e localização das lesões e dos estágios em que se inserem modificado de Poleksić e Mitrović-Tutundžić (1994) em juvenis de tainha em água doce com diferentes durezas (25, 250 e 750 mg.L⁻¹ CaCO₃) e em salinidade 15 (dureza 2500 mg.L⁻¹ CaCO₃).

Alterações histológicas branquiais	Tratamento, Estágio			
	Sal. 15	25	250	750
Hiperplasia epitelial da lamela secundária	II	III	0	0
Hiperplasia epitelial interlamelar	I	III	I	I
Fusão da lamela secundária	0	II	I	0
Telangiectasia, Aneurisma	I	I	II	I
Congestão do seio venoso da lamela primária	0	0	II	0
Fusão da lamela secundária	0	II	I	0
Edema justalamelar	0	III	III	I
Descolamento epitelial	0	II	II	0
Dilatação do seio da lamela secundária	0	II	I	I
Hiperplasia células de cloreto	0	0	0	0

As alterações foram classificadas de I a III e avaliadas por tratamento. I: Alteração leve, II: Alteração moderada e III: alteração severa.

A análise mostrou o parecimento de lesões moderadas multifocais de hiperplasia epitelial da lamela secundária, telangiectasia leve e multifocal e hiperplasia leve do epitélio interlamelar no tratamento com salinidade 15 (Figura 1 - A).

Os dados obtidos demonstraram que as alterações histológicas do tratamento 25 mg.L⁻¹ CaCO₃ foram mais frequentes e extensas do que as alterações dos outros três tratamentos. Foram observadas lesões severas multifocais de hiperplasia epitelial da lamela secundária, telangiectasia leve multifocal, hiperplasia severa e coalescente do epitélio interlamelar, edema justalamelar severo, moderado descolamento epitelial e moderada dilatação do seio da lamela secundária no tratamento 25 mg.L⁻¹ CaCO₃ (Figura 1 - B).

No tratamento 250 mg.L⁻¹ CaCO₃, foi observada telangiectasia moderada multifocal, hiperplasia leve do epitélio interlamelar, dilatação

leve do seio venoso da lamela secundária, edema justalamelar severo, moderado descolamento epitelial e leve dilatação do seio da lamela secundária (Figura 1 - C).

No tratamento 750 mg.L⁻¹ CaCO₃ houve hiperplasia leve do epitélio interlamelar, edema justalamelar leve e leve dilatação do seio da lamela secundária (Figura 1 - D).

4 Discussão

Os resultados indicam que os juvenis de tainha toleram ampla faixa de dureza em água doce, porém evidentemente, o ambiente dulcícola prejudica o seu crescimento. Os peixes criados em salinidade 15 cresceram mais que os mantidos em água doce (salinidade 0). Isto mostra que a água doce resulta numa alteração metabólica com aumento dos gastos osmorregulatórios. Frequentemente, índice de sobrevivência alto e maior crescimento em ambientes isomóticos podem ser explicados pela pouca energia usada para osmorregulação, já que pela redução no gradiente entre o meio externo e o interno, o transporte de íons entre estes meios é reduzido. Esta poupança de energia é convertida em ganho de peso e desenvolvimento (Boeuf e Payan, 2001).

Por outro lado, as taxas de crescimento foram afetadas negativamente em todos os tratamentos com água doce. É possível que os altos níveis de Ca²⁺ no tratamento de 750 mg.L⁻¹ CaCO₃ e o baixo nível deste no tratamento 25 mg.L⁻¹ CaCO₃ possam ter causado uma maior demanda de energia para a osmorregulação, devido à diferença de entrada e saída de íons. O cálcio é importante para a regulação de íons em peixes de água doce, por influenciar a permeabilidade das membranas biológicas, impedindo a elevada perda iônica para o meio. No tratamento de 25 mg.L⁻¹, provavelmente houve deficiência deste íon, prejudicando os outros processos metabólicos. No tratamento de 750 mg.L⁻¹, é possível que os altos níveis de Ca²⁺ possam ter causado uma maior demanda de energia para a osmorregulação, devido à diferença de entrada e saída de íons o que interferiu no crescimento e desempenho dos juvenis de tainha.

Com relação à glicose, alterações podem ser observadas quando são expostos a salinidades extremas (Rocha et al, 2004). O aumento nos índices de glicose durante situação de estresse se mostra de extrema importância, já que grandes demandas de energia são necessárias para ativação dos mecanismos apresentados como resposta a uma situação adversa (Wendelaar Bonga, 1997). Os resultados do presente estudo

apontam que os peixes mantidos no controle estão em maior conforto fisiológicos em relação aos demais tratamentos.

O epitélio da brânquia é a principal superfície de contato com o ambiente devido à sua extensa área superficial (Wong e Wong, 2000). Nesse sentido, a análise das alterações histológicas das brânquias dos teleosteos que enfrentam mudanças na salinidade tem fundamental importância.

Com respeito às avaliações branquiais, é conhecido que alterações morfológicas, em resposta a mudanças ambientais, podem representar estratégias adaptativas para conservação de algumas funções fisiológicas (Laurent e Perry, 1991). Em nenhum dos tratamentos foi observado aumento no volume das células de cloreto, o que pode ser explicado pelo fato de os animais estarem em água doce e não haver excesso de sais na água, o que é limitante para o aumento das mesmas.

Nos animais do controle (salinidade 15), as estruturas de brânquias estavam próximas às normais, com moderada hiperplasia epitelial da lamela secundária, o que pode ser explicado pelo fato de os peixes estarem em salinidade próxima de seu ponto isosmótico.

Observado incidência de lesões de gravidade moderada para severa no tratamento de $25 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$. A severa alteração de hiperplasia epitelial da lamela secundária contribui para o aumento da distância de difusão água-sangue, o que dificulta as trocas gasosas. O aumento da quantidade de células no filamento branquial pode reduzir e até mesmo impedir a passagem da água entre as lamelas secundárias, comprometendo o bem-estar fisiológico dos peixes.

A análise histológica das brânquias mostrou sinais evidentes de estresse, como hiperplasia epitelial interlamelar e telangiectasia em todos os tratamentos. Essas alterações são consideradas um exemplo de um mecanismo de defesa usado pelos peixes para combater diversos estressores, e de uma estratégia de adaptação às mudanças ambientais, especialmente em condições desfavoráveis e constantes (Ferguson et al, 1990). Estes efeitos nas brânquias também podem indicar um mecanismo de defesa, porque o inchaço das lamelas aumenta a distância de difusão entre o ambiente e o sangue, minimizando o efeito de um ambiente adverso (Fernandes e Mazon, 2003).

No tratamento de $250 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ houve fusão lamelar leve, e nos animais mantidos em $25 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ de grau moderado. A fusão lamelar é um mecanismo natural de defesa para proteger o epitélio da lamela do contato direto com agentes tóxicos e estressores (Heath, 1987).

As brânquias também apresentaram alterações vasculares, como congestão vascular nos peixes mantidos a $250 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ e aneurisma de grau leve em todos os tratamentos. O aneurisma normalmente é resultante do colapso do sistema de células pilares, que prejudica a integridade vascular com a liberação de grande quantidade de sangue, que empurra o epitélio lamelar para fora (Heath, 1987).

A hiperplasia das lamelas branquiais permite avaliar de forma direta a relação do peixe com o ambiente aquático em respeito à sua homeostasia, pois é esperado que a área lamelar seja maior quando há condições favoráveis para o que o animal tenha maior interação com o ambiente aquático, e o oposto ocorre quando o animal está num ambiente mais hostil, seja pela presença de agentes químicos ou biológicos irritantes, como também variações de características físico-químicas da água.

Nos peixes mantidos em dureza mais baixa ($25 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$) a hiperplasia foi severa. Pode-se considerar que pela salinidade 0 e baixa quantidade de Ca^{2+} na água, a ampliação da área das lamelas foi necessária para manter o nível de O_2 circulante no sangue dos animais e também favorecer a osmorregulação. Já nos outros tratamentos, os resultados demonstram hiperplasia moderada, o que pode ser explicado pela maior disponibilidade de Ca^{2+} na água, não sendo necessária a captação intensa deste íon.

Portanto, é viável o uso de água doce dura no cultivo de juvenis de tainha, mas se faz necessário um estudo mais aprofundado com valores entre 25 e $250 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$. Não recomendamos dureza acima deste intervalo, e nem abaixo, quando a fonte utilizada para gerar essa dureza for unicamente Ca^{2+} . Contudo, é necessário obter mais informações sobre o metabolismo relacionado com o balanço iônico de juvenis de tainha em água doce.

Concluindo, dentre as durezas testadas, as análises histológicas corroboram os dados zootécnicos e o melhor resultado obtido foi em $250 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, pois apresentou melhor peso final. A utilização de água muito dura ($750 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$) trouxe benefícios em relação à proteção das brânquias, porém, zootecnicamente não houve melhoras.

Agradecimentos

Esta pesquisa teve apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Ciências do Mar 2, nº 43/2013). O primeiro autor foi bolsista de Mestrado da CAPES. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo

apoio ao Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR-UFSC) e bolsas aos demais autores. Os autores gostariam de agradecer à equipe do LAPMAR-UFSC pelo apoio e suporte. Ao Núcleo de Estudos em Patologia Aquícola - NEPAQ/UFSC pelo apoio e assistência na parte histológica.

5 Referências

Alava, V. R., 1998. Effect of salinity, dietar y lipid source and level on growth of milkfish *Chanos chanos* fry. *Aquaculture*, 167, 229–236.

Baldisserotto, B., Mimura. O. M., 1995. Ion and water transport in the gut of the freshwater teleost *Prochilodus scrofa*. *Ciência e Cultura. Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, 47, 83-85.

Baldisserotto, B., 2011. Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. *Brazilian Journal of Animal Science*, 40, 138-144.

Bijvelds, M.J.C., Van Der Velden, J.A., Kolar, Z., Flik, G. 1998. Magnesium transport in freshwater teleosts. *Journal of Experimental Biology*.

Boeuf, G., Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth? *Comp. Biochem. Physiol*, 130, 411–423.

Boyd, C.E., 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn, Alabama, USA.

Carvalho, C.V.A., Passini, G., Costa, S.W., Silva, F.M., Andreatta, E., Cerqueira, V.R., 2014. Produção de juvenis de tainha *Mugil liza* no estado de Santa Catarina. *Revista ABCCAM*, Candelária, Natal – RN.

Cotton, F.A., Lynch, L. D., 1968. Química objetiva. Fórum Editora, Rio de Janeiro, Brasil.

Cunha, V.L., 2012. Avaliação do comportamento osmorregulatório da tainha *Mugil liza*: Implicações para sua produção em cativeiro. Tese, Programa de Pós Graduação em Oceanografia Biológica. Universidade Federal do Rio Grande – Rio Grande.

- Eaton, S., Zhang, H., Herman, P., Yoshino, F., Shah, L., Bovatsek, J., Arai, A., 2005. Heat accumulation effects in femtosecond laser-written waveguides with variable repetition rate. *Optics Express* 13, 4708-4716.
- El-Gawad, E.A.A., Shen, Z. Wang, H., 2016. Efficacy of formalin, iodine and sodium chloride in improvement of egg hatching rate and fry survival prior to the onset of exogenous feeding in yellow perch, *Aquaculture Research* 47, 2461–2469
- Ferguson, H., Poppe T, Speare D., 1990. Cardiomyopathy in farmed Norwegian salmon. *Dis Aquat Org* 8, 225–231.
- Fernandes, M. N., Mazon, A.F., 2003. Environmental pollution and gill morphology. In: Val, A. L.; Kapoor, B. G. (Eds.). *Fish adaptations*. Science Publishers, Enfield, 203-231.
- Flik, G., Rijs, J.H., Wendelaar, S.E., 1985. Evidence for high-affinity Ca^{2+} -ATPase activity and ATP-driven Ca^{2+} -transport in membrane preparations of the gill epithelium of the cichlid fish *Oreochromis mossambicus*. *J. Exp. Biol.* 119, 335–347.
- Fonseca, N., Spach., 1998/1999. Survival of Juveniles of *Mugil platanus* Günther, 1880 (Pisces, Mugilidae) in different salinities. *Boletim do Instituto de Pesca* 25, 13-17.
- Greenwell, M.G., Sherrill, J., Clayton, L.A., 2003. Osmoregulation in fish: Mechanisms and clinical implications. *Vet. Clin. Exot. Anim.* 6, 169-189.
- Heath, A.G., 1987. *Water Pollution and Fish Physiology*. C.R.C. Press, 384 pp.
- Hossler, F.E., Merchant, L.H. 1983. Morphology of taste buds on the gill arches of the mullet *Mugil cephalus* and the *Fundulus heteroclitus*. *Am. J. Anat.* 166, 299-312.
- Hughes, G.M.; Byczkowska-Smyk, W., 1974. Ultrastructure of secondary gill lamella of the icefish, *Chaenocephalus aceratus*. *Journal of Zoology*, 174, 79-87.

Hwang, P.P., Tung, Y.C., Chang, M. H., 1996. Effect of environmental calcium levels on calcium uptake in tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*). Fish Physiology and Biochemistry 15, 363-370.

IBAMA/ICMBIO/CEPSUL 2007. Relatório de reunião técnica para o ordenamento da pesca da tainha *Mugil platanus*, *M. liza* na região sudeste/sul do Brasil.

Laurent, P.L., Perry, S.F., 1991. Environmental effects on fish gill morphology. Physiol. Zool. 64, 4-25.

Leonardo J.M.L.O., Vargas L., Ribeiro R.P., Moreira H.L.M., Natali M.R.M., Volski T., Cavichiolo F., 2001. Histologia das brânquias de larvas de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* de origem tailandesa, submetidas a diferentes níveis de vitamina C. Acta Sci. 23, 863-870.

Likongwe, J.S., Stecko T.D., Stauffer J.R., Carliner, F., 1996. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilisation of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). Aquaculture, 146, 37-46.

Lima, B.B., Velasco, G., 2012. Estudo piloto sobre o autoconsumo de pescado entre pescadores artesanais do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil, 38.

Rocha, A.J.S., Gomes, V., Passos, M.J.A.C.R., Furia, R.R., 2004. Metabolic demand and growth of juveniles of *Centropomus parallelus* as function of salinity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 316, 157-165.

Mendez, G.N., 1983 Estudo sobre aclimação de alevinos de tainha (*Mugil curema* Valenciennes, 1836) à água doce. Rev. Bras. Zool. 2, 13-33.

Menezes, N.A., 1983 Guia prático para conhecimento e identificação de tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. Rev. Bras. Zool. 2, 1-12.

Michalany, J. 1998. Técnica Histológica em Anatomia Patológica: com instruções para o cirurgião, enfermeira e citotécnico. Editora Michalany Ltda., São Paulo, 295 pp.

Michelotti, B.T., Salbego, J., Cunha, J.A., Carvalho, C.V.A., Passini, G., Sterzelecki F.C., Baloi, M.F., Magnotti, C., Mello, P.S., Baldisserotto, B., Cerqueira, V.R., 2015. Efeito agudo de diferentes durezas da água doce na sobrevivência de juvenis de robalo-flecha *Centropomus undecimalis*. In: FENACAM & LACQUA' 15, 2015, Fortaleza, Ceará, Brasil. 15, 378.

MPA 2009. Boletim Estatístico da pesca e Aqüicultura., 2008. Brasília: Ministério da pesca e aqüicultura, Ministério do Meio Ambiente.

MPA 2012. Boletim Estatístico da pesca e Aqüicultura., 2010. Brasília: Ministério da pesca e aqüicultura, Ministério do Meio Ambiente.

MPA/MMA. 2015. Plano de gestão para o uso sustentável da tainha, *Mugil liza* Valenciennes, 1836, no Sudeste e Sul do Brasil. Brasília. 137.

Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World, John Wiley & Sons, Inc. 4th edn. New York, NY.

Mommsen, T.P., Vijayan, M.M., Moon, T. W., 1999. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. Rev. Fish Biology and Fisheries 9, 211-268

Morgan, J.D., Iwama, G.K., 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 2083–2094.

Nebel, C., Negre-Sadargues, G., Blasco, C., Charmantier, G., 2005. Morpho-functional ontogeny of the urinary system of the European sea bass *Dicentrarchus labrax*. Anat. Embryol. 209, 193-206.

Oliveira, I.R., Soares, L.S.H., 1996. Alimentação da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Pisces: Mugilidae), da região estuarino-lagunas de Cananéia, São Paulo, Brasil. Bol. Inst. Pesca 23, 95–104.

Pankhursts N, Kraak G., 1997. Effects of stress on reproduction and growth of fish. Cambridge: Cambridge University Press. Society for Experimental Biology Seminar Series 62, 278.

Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C. M., 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173.

Peterson, R.H., Martin-Rombichoud, D.J., Berge, A., 1996. Influence of temperature and salinity on length and yolk utilisation of striped bass larvae. *Aquaculture Int.* 4, 89-103.

Piechnik, C.A., 2006. Atividade da NA, K-ATPase e alterações histológicas nas branquias do peixe *Bathygobius Soporator Valenciennes* (Gobiidae) após exposição a diferentes salinidades. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em biologia celular e molecular. Universidade Federal do Paraná - Curitiba.

Poleksić, V., Mitrović-tutundžić, V., 1994. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: Müller, R., Lloyd R. (Eds.), *Sublethal and Chronic effects of pollutants on freshwater fish*. Fishing News Books, Oxford, pp. 339-352.

Poppe T., Sande R., 1994. Cardiomyopathy in farmed Atlantic salmon: a review, introducing an ultrasound technique for clinical examination. Norwegian School of Veterinary Science, Oslo.

Portz, D.E., Woodley, C.M., Cech Jr., J.J., 2006. Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 16, 125-170.

Rocha, J. A. da Silva, Gomes, V., Ngan, P.V., Passon, M.J.A.C.R., Furia, R.R., 2004. Metabolic demand and growth of juveniles of *Centropomus parallelus* as function of salinity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 316, 157-165.

Rodgers, D.W., 1984. Ambient pH and calcium concentration as modifiers of growth and calcium dynamics of brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Canadian Journal Fish Aquatic Science* 41, 1774-1780.

Silva, I.R., Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L, Silva, S.B.M., 2003. Uma Contribuição à Gestão Ambiental da Costa do Descobrimento (Litoral Sul do Estado da Bahia): Avaliação da Qualidade Recreacional das Praias. *Geografia* 28, 397 – 414.

Varsamos, S., Nebel, C., Charmantier, G., 2005. Ontogeny of osmoregulation in post-embryonic fish: a review. *Comp. Biochem. Physiol.* 141, 401-429.

Wendelaar B, S.E., 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews* 77, 591-625.

WONG, C.K.; WONG, M.H., 2000. Morphological and biochemical changes in the gills of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to ambient cadmium exposure. *Aquatic Toxicol.* 48, 517-527.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

BALDISSEROTTO, B. **Osmoregulatory adaptations of freshwater teleosts**. Pp. 179-201. In: Val, A. L.; Kapoor, B. G. (Eds). In *Fish Adaptations*. Enfield, Science Publishers, pp. 418, 2003.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**, third ed. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2013.

BALDISSEROTTO, B. Interaction of water alkalinity and stocking density on survival and growth of silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 3, pp. 454-458, 2007.

BROWN, W.F.; ADJEI, M.B. Urea ammoniation effects on the feeding value of guineagrass (*Panicum maximum*) hay. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, pp. 3085-3093, 1995.

CERQUEIRA, V.R. Cultivo de peixes marinhos. In: Poli, C.R. et al. **Aquicultura: Experiências brasileiras**. Florianópolis: Multitarefa. pp. 369-406, 2004.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2010**. Roma, FAO. pp. 78, 2014.

FLIK, G., RIJS, J.H., WENDELAAR BONGA, S.E. Evidence for high-affinity Ca^{2+} -ATPase activity and ATP-driven Ca^{2+} -transport in membrane preparations of the gill epithelium of the cichlid fish *Oreochromis mossambicus*. **J. Exp. Biol.**, v. 119, pp. 335–347, 1985.

HEUTS, M.J. **Laterale bepantsering en groei bij *Gasterosteus aculeatus***, 2. Natuurwet. Tijdschr. 29, pp. 193-196, 1947.

IRGOLIC, K.J., MARTELL, A.E. **Environmental inorganic chemistry**. Published by VCH Publishers, 1985.

MARSHALL, W., GROSELL, M. Ion transport, osmoregulation and acid-base balance. In: **The Physiology of Fishes** ed. D. Evans and J. Caiborne, pp. 177-230. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.

MYLONAS, C., PAVLIDIS, M., PAPANDROULAKIS, N., ZAISS, M., TSAFARAKIS, D., PAPADAKIS, I. Growth performance and osmoregulation in the shi drum (*Umbrina cirrosa*) adapted to different environmental salinities. **Aquaculture**, v. 287, pp. 203-210, 2009.

NORDLIE, F.G., LEFFLER, C.W. **Ionic regulation and the energetics of osmoregulation in *Mugil cephalus***. Lin. Comp. Biochem. Physiol. A Physiol. 51, pp. 125-131, 1975.

PERRY, S.F. The chloride cell: structure and function in the gills of freshwater fishes. **Annual Review of Physiology**, 59 pp. 325-47, 1997.

PROENÇA, C.E.M., BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: Ibama, pp. 196, 1994.

ROTHERHAM, D.G., BROADHURST C.D., JOHNSON M.K., BARNES D.D., JONES L.M. Sampling estuarine fish using multi-mesh gill nets: Effects of panel length and soak and setting times. Original Research Article **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 331, n. 2, pp. 226-239, 2006.

SAWYER, C.N.; MCCARTY, P.L. **Chemistry for Environmental Engineering**. 3. ed. McGraw - Hill Book Company, 1978.

VIEIRA, J.P., SCALABRIN, C. **Migração reprodutiva da Tainha *Mugil platanus*, Günther, 1880 no sul do Brasil**. Atlântica 131: pp. 131-141, 1991.

VINATEA, L.A. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

VINATEA, L.A. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura**. 3ª ed. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2010.

WETZEL, R. **Limnology**. Philadelphia: W.B. Saunders Company, pp. 743, 1975.

WURST, A.W., DURBOROW, R.M. **Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity and Hardness in Fish Ponds**. Southern Regional

Aquaculture Center through Grant No. 89-38500-4516 from the United States Department of Agriculture, 1992.